



(43) 国際公開日
2003 年 1 月 16 日 (16.01.2003)

PCT

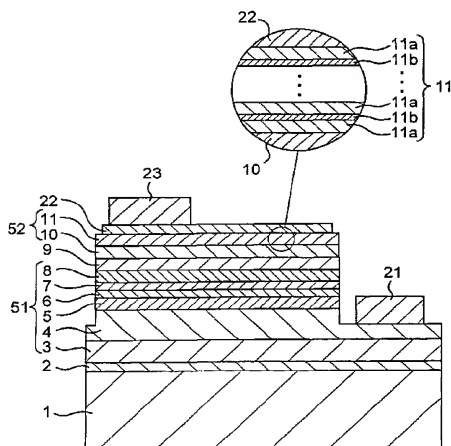
(10) 国際公開番号
WO 03/005459 A1

- | | | | |
|-----------------------------|--|--|--|
| (51) 国際特許分類 ⁷⁾ : | H01L 33/00 | (72) 発明者; および | |
| (21) 国際出願番号: | PCT/JP02/06706 | (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): | 福田 芳克 (FUKUDA, Yoshikatsu) [JP/JP]; 〒774-8601 徳島県 阿南市 上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 日亜化学工業株式会社内 Tokushima (JP). 藤岡 陽 (FUJIOKA, Akira) [JP/JP]; 〒774-8601 徳島県 阿南市 上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 日亜化学工業株式会社内 Tokushima (JP). |
| (22) 国際出願日: | 2002 年 7 月 3 日 (03.07.2002) | | |
| (25) 国際出願の言語: | 日本語 | | |
| (26) 国際公開の言語: | 日本語 | | |
| (30) 優先権データ: | 特願2001-203373 2001 年 7 月 4 日 (04.07.2001) JP | (74) 代理人: 青山 葆, 外(AOYAMA, Tamotsu et al.); 〒540-0001 大阪府 大阪市中央区 城見 1 丁目 3 番 7 号 I M P ビル 青山特許事務所 Osaka (JP). | |
| (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): | 日亜化学工業株式会社 (NICHIA CORPORATION) [JP/JP]; 〒774-8601 徳島県 阿南市 上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 Tokushima (JP). | (81) 指定国 (国内): | AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, |

〔続葉有〕

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 窒化物半導体素子



(57) Abstract: A nitride semiconductor light-emitting device having a small leakage current and a high electrostatic breakdown voltage. The nitride semiconductor device comprises an active layer of a nitride semiconductor between p-side nitride semiconductor layers and n-side nitride semiconductor layers. The p-side layers include a p-type contact layer serving as a layer where a p-ohmic electrode is formed. The p-type contact layer is composed of alternation of a p-type nitride semiconductor layer and an n-type nitride semiconductor layer.

(57) 要約:

リーク電流が低くかつ静電耐圧の高い窒化物半導体発光素子を提供するために、本発明に係る窒化物半導体素子は、それぞれ複数の窒化物半導体層からなる p 側層と n 側層の間に窒化物半導体からなる活性層を有する窒化物半導体素子において、p 側層は p オーミック電極を形成する層として p 型コンタクト層を含み、p 型コンタクト層は p 型窒化物半導体層と n 型窒化物半導体層とを交互に積層することにより構成した。



LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM,
PII, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW,
MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI 特

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

窒化物半導体素子

5 技術分野

本発明は、発光ダイオード（LED）、レーザダイオード（LD）、太陽電池、光センサー等の発光素子、受光素子、あるいはトランジスタ、パワーデバイス等の電子デバイスに使用される窒化物半導体（例えば、 $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ 、 $0 \leq a$ 、 $0 \leq b$ 、 $a + b \leq 1$ ）を用いた窒化物半導体素子に関する。

10

背景技術

15

窒化物半導体は青色発光素子（LED、LD）、純緑色発光素子を構成することができる半導体材料として注目されて、活発に研究開発が進められている。現在、この窒化物半導体を用いた素子として、高輝度青色LED、純緑色LED等がフルカラーLEDディスプレイ、交通信号灯、イメージスキャナー光源等の光源として実用化されているが、今後ますます幅広い用途に使用されることが期待される。これらのLED素子は基本的に、サファイア基板上にGaNよりなるバッファ層と、SiドープGaNよりなるn側コンタクト層と、単一量子井戸構造（SQW：Single-Quantum-Well）のInGaN、あるいはInGaNを有する多重量子井戸構造（MQW：Multi-Quantum-Well）の活性層と、MgドープAlGaNよりなるp側クラッド層と、MgドープGaNよりなるp側コンタクト層とが順に積層された構造を有しており、例えば、20mAにおいて、発光波長450nmの青色LEDで5mW、外部量子効率9.1%、520nmの緑色LEDで3mW、外部量子効率6.3%と非常に優れた特性を示す。

20

25

しかしながら、今後窒化物半導体素子の用途が広がるに従って、発光強度及び発光効率に加え、リーク電流の低減や静電耐圧の向上がさらに望まれることが予想される。

発明の開示

本発明はリーク電流が低くかつ静電耐圧の高い窒化物半導体発光素子を提供することを目的とする。

5 以上の目的を達成するために、本発明に係る窒化物半導体素子は、それぞれ複数の窒化物半導体層からなるp側層とn側層の間に窒化物半導体からなる活性層を有する窒化物半導体素子であって、上記p側層はpオーミック電極を形成する層としてp型コンタクト層を含み、該p型コンタクト層はp型窒化物半導体層とn型窒化物半導体層とが交互に積層されてなることを特徴とする。

10 このように構成された本発明に係る窒化物半導体発光素子において、上記p型コンタクト層がp型窒化物半導体層とn型窒化物半導体層とを交互に積層することにより形成されているので、p側が負でn側が正の逆方向に電圧が印加された場合に、静電破壊電圧（静電耐圧）を高くできかつリーク電流を小さくできる。これは、主として上記p型コンタクト層内のpn接合に逆バイアス電圧が印加されることによるものと考えられる。

15 本発明に係る窒化物半導体素子において、前記n型窒化物半導体層に対するp型窒化物半導体層の膜厚比（p型窒化物半導体層の膜厚／n型窒化物半導体層の膜厚）が1以上で9以下に設定されていることが好ましい。

また、本発明に係る窒化物半導体素子において、順方向電圧を上昇させないように、前記n型窒化物半導体層の膜厚が60 Å以下であることが好ましい。

20 さらに、本発明に係る窒化物半導体素子において、良好なn型導電性を得るために前記n型窒化物半導体層にはSiがドーピングされ、良好なp型導電性を得るために前記p型窒化物半導体層にはMgがドーピングされていることが好ましい。

25 また、本発明に係る窒化物半導体素子において、前記n型窒化物半導体層はSiがドーピングされたGaNからなり、前記p型窒化物半導体層はMgがドーピングされたGaNからなることが好ましく、これによりp型コンタクト層の抵抗率をより低くできる。

また、本発明に係る窒化物半導体素子において、前記n型窒化物半導体層はアンドープ層であり、前記p型窒化物半導体層にはMgがドーピングされていてもよい。この場合、前記n型窒化物半導体層はアンドープGaNからなり、前記p型窒化物半導体層はMgがドーピングされたGaNからなることが好ましい。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係る実施の形態の窒化物半導体素子の模式的な断面図である。

図 2 は、本発明に係る実施例 1 の各サンプルの静電破壊電圧を示すグラフである。

5 図 3 は、本発明に係る実施例 2 の各サンプルの順方向電圧を示すグラフである。

図 4 は、実施例 2 の各サンプルの発光出力を示すグラフである。

図 5 は、本発明に係る実施例 3 の各サンプルの静電破壊電圧を示すグラフである。

図 6 は、本発明に係る実施例 4 の各サンプルの順方向電圧を示すグラフである。

10 図 7 は、実施例 4 の各サンプルの発光出力を示すグラフである。

図 8 は、実施例 4 の各サンプルの静電破壊電圧を示すグラフである。

図 9 は、本発明に係る実施例 5 の各サンプルの順方向電圧を示すグラフである。

図 10 は、実施例 5 の各サンプルの発光出力を示すグラフである。

15 図 11 は、本発明に係る実施例 6 の各サンプルの熱処理前後の抵抗率を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照しながら、本発明に係る実施の形態の窒化物半導体素子について説明する。

20 図 1 は、本発明の一実施の形態である窒化物半導体素子（LED 素子）の構造を示す模式的断面図であり、本実施の形態の窒化物半導体素子はサファイア基板 1 の上に、

(1) AlGaIn よりなるバッファ層 2、

(2) アンドープ GaN 層 3、

25 (3) Si ドープ GaN よりなる n 型コンタクト層 4、

(4) アンドープ GaN 層 5、

(5) Si ドープ GaN 層 6、

(6) アンドープ GaN 層 7、

(7) GaN/InGaIn 超格子 n 型層 8、

(8) InGa_N層を井戸層としGa_N層を障壁層とする多重量子井戸構造の活性層9、

(9) p-AlGa_N/p-InGa_N超格子p型層10、

(10) MgドープGa_N/SiドープGa_N変調ドープp側コンタクト層11、

が順に積層された構造を有し、以下のようにp側及びn側の電極が形成されて構成されている。

nオーミック電極21は、例えば、素子の隅部においてp側コンタクト層11からアンドープGa_N層5までをエッチングにより除去して、n型コンタクト層4の一部を露出させ、露出させたn型コンタクト層4上に形成する。

また、p側の電極としては、p側コンタクト層11上のほぼ全面にpオーミック電極22を形成し、そのpオーミック電極22上の一部にpパッド電極23を形成している。

ここで、特に本実施の形態の窒化物半導体素子は、p側コンタクト層11をMgドープGa_N層11aとSiドープGa_N層11bとを交互に積層した変調ドープ層により構成したことを特徴とし、これによりリーク電流を低減しかつ静電耐圧を向上させている。

本実施の形態において、p側コンタクト層11 (SiドープGa_N層11b) における好ましいSiのドープ量としては $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 、さらに好ましくは $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲に調整する。 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以上とすることで、リーク電流を小さくする効果が顕著に現れ、 $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ より大きくなると結晶性が悪くなり、発光効率が低下する傾向にあるからである。

また、p側コンタクト層11 (MgドープGa_N層11a) における好ましいMgのドープ量としては、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 、さらに好ましくは $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3 \sim 3 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ とする。 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上とすることで、pオーミック電極とより良好なオーミック接触が得られ、また、 $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ より大きくすると、多量にSiをドープする場合と同様、結晶性が悪くなってしまうからである。

また、本発明において、 $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ 超格子 p 型層 10 は、クラッド層として機能し、光の閉じこめ、および活性層への正孔が注入される層となる。

この $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ 超格子 p 型層 10 は p 型とするために、
5 p 型不純物、例えば、 Mg がドーピングされるが、 $p\text{-AlGaIn}$ 層に対する Mg のドーピング量と $p\text{-InGaIn}$ 層に対する Mg のドーピング量は同一であっても異なっても良いが、それぞれ p 側コンタクト層の Mg ドープ GaN 層 11 a の Mg のドーピング量よりも少ない量に設定することが好ましく、これにより V_f （順方向電圧）をより低くできる。

10 また、 $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ 超格子 p 型層 10 の $p\text{-InGaIn}$ 層は Mg ドープの GaN 層で構成することもできる。

また、 $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$) 超格子 p 型層 10 において、 $p\text{-AlGaIn}$ 層及び $p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$) 層の各膜厚は、100 Å 以下、より好ましくは 70 Å 以下、よりいっそう好ましくは 10~40 Å の
15 範囲に設定する。この場合、 $p\text{-AlGaIn}$ 層の膜厚と $p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$) 層の膜厚は、同一であっても異なっても良い。超格子 p 型層 10 は、 $p\text{-AlGaIn}$ 層と $p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$) 層を交互に成長させて形成するが、例えば、 $p\text{-AlGaIn}$ 層から積層して $p\text{-AlGaIn}$ 層で終わってもよく、 $p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$) 層から始めて $p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$)
20 層で終わってもよい。しかしながら、 $InGaIn$ 層は熱分解しやすいので、 $InGaIn$ 層の表面が長時間、高温雰囲気中に曝されないように、 $p\text{-AlGaIn}$ 層で終わっていることが好ましい。

さらに、 $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$) 超格子 p 型層 10 の総膜厚は、発光出力を高くしかつ V_f を低くするために、2000 Å 以下に設定
25 することが好ましく、より好ましくは 1000 Å 以下、さらに好ましくは 500 Å 以下に設定する。

また、 $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ ($p\text{-GaN}$) 超格子 p 型層 10 の各膜厚は、 p 型コンタクト層の各膜厚よりも薄くすることが好ましい。すなわち、多層膜の p 型コンタクト層に隣接する層を超格子層とし、各膜厚を p 型コンタクト層の各膜厚よりも薄くすることが好ましい。

ト層のn型層及びp型層のそれぞれの膜厚よりも薄くすることで、さらに静電耐圧の高い窒化物半導体素子を構成できる。

又、本実施の形態では、 $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ 超格子p型層10を用いた形について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、少なくとも、AlGaInを有していれば良く、AlGaIn単一層でもよい。 $p\text{-AlGaIn}/p\text{-InGaIn}$ 超格子とすることで、AlGaIn単一層と比べて結晶性が良くなり、抵抗率がさらに低下し V_f が低下する傾向にある。

以上の実施の形態では、 V_f を低くするために、好ましい形態として、p型コンタクト層をそれぞれGaInからなるn型窒化物半導体層（SiドープGaIn層）とp型窒化物半導体層（MgドープGaIn層）により構成したが、本発明はこれに限られるものではない。また、微量のInを含むInGaInもしくは微量のAlを含むAlGaInであれば、実質的にGaInと同様の効果が得られる。また、その他の微量の元素（In, Al以外の元素）がGaInに含まれていても同様、GaInと同等の効果が得られる。

また、上述の実施の形態では、p型コンタクト層を構成するn型窒化物半導体層としてSiドープGaIn層を用いたが、本発明はこれに限られるものではなく、n型窒化物半導体層はアンドープ層のn型層で構成してもよい。すなわち、本発明では、アンドープの窒化物半導体層がn型の導電性を示すことを利用して、n型窒化物半導体層としてアンドープの窒化物半導体層を用いても良い。尚、n型窒化物半導体層としてアンドープの窒化物半導体層を用いる場合、アンドープのGaIn層を用いることが好ましい。より好ましくは、アンドープのGaIn層とMgドープのGaIn層とを組み合わせ、p型コンタクト層を構成する。

<実施例>

以下、実施例を用いて本発明についてより具体的に説明する。

実施例1.

まず、実施例1として、p側コンタクト層11におけるMgドープGaIn層11aとSiドープGaIn層11bの膜厚比を変えた3種類のサンプルを作製して、逆方向の静電耐圧特性をそれぞれ評価した。

本実施例1において、各半導体層の膜厚は表1に示すように設定し、各サンプ

ルのp側コンタクト層11におけるMgドープGaN層11aとSiドープGaN層11bの膜厚の比は表2に示すようにした。

表 1

層	厚さ (Å) 及び構成
バッファ層 2	2 0 0
アンドープGaN層 3	1 5 0 0 0
n型コンタクト層 4	2 1 6 5 0
アンドープGaN層 5	3 0 0 0
SiドープGaN層 6	3 0 0
アンドープGaN層 7	5 0
超格子n型層 8	GaN (4 0) / InGaN (2 0) × 1 0 周期 (最後はGaN層)
多重量子井戸構造の活性層 9	GaN (2 5 0) + InGaN (2 8) / GaN (1 5 . 6) × 5 周期
超格子p型層 1 0	p-AlGaN (4 0) / p-InGaN (2 5) × 5 周期 + p-AlGaN層
p側コンタクト層 1 1	1 2 0 0

5

表 2

サンプルNo.	膜厚比	Mg : GaN層 1 1 a	Si : GaN層 1 1 b
サンプル 1	9 : 1	1 0 8 Å	1 2 Å
サンプル 2	7 : 3	8 4 Å	3 6 Å
サンプル 3	5 : 5	6 0 Å	6 0 Å

尚、本実施例1において、GaN層11aのMgドープ量は $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ とし、GaN層11bのSiドープ量は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。

また、各サンプルは1つのGaN層11aと1つのGaN層11bとを1周期として10周期とした。

以上のようにして作製したサンプル1～3においてそれぞれ静電破壊電圧を評価した結果を図2のグラフに示す。

尚、図2のグラフの縦軸は基準サンプル（比較例）の静電破壊電圧により規格化した値で示している。この基準サンプルはp側コンタクト層をMgが $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ドープされたGaNからなる単層とした以外は実施例1と同様に

10

15

構成されている。

図2のグラフに示すように、本実施例1のサンプル1～3のいずれのサンプルについても、静電破壊電圧が比較例より向上していることが確認された。

また、これにより膜厚比を7：3とすることで、静電破壊電圧を最も高くできることが確認された。

実施例1の変形例。

実施例1では、超格子p型層と、p型コンタクト層11の間に、不純物濃度が低いAlGaIn又はGaIn層を形成することができ、これにより、より静電耐圧を高くできる。この低濃度AlGaIn又はGaIn層は好ましくは0.5μm以下、例えば、0.2μmの膜厚で形成する。この層は、アンドープで形成してもよく、p型不純物、例えばMgをドーピングしながら形成しても良いが、Mgをドーピングしながら形成する場合は、隣接する層のMg濃度よりも低くなるようにする。このようにすると、実施例1の素子に比較して、より静電耐圧を高くできる。

実施例2。

実施例1のサンプル1～3に、MgドーピングGaIn層11aの膜厚を36ÅとしSiドーピングGaIn層11bの膜厚を84Åとしたサンプル4を加え、各サンプルについてそれぞれ、SiドーピングGaIn層11bにおけるSiドーピング量を0～ $1.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ まで変化させて各サンプルについて、順方向電圧と発光出力を評価した。

その結果を図3、図4に示す。

この図3に示すように、サンプル1～3においては、順方向電圧を上昇させることがないことが確認され、図4に示すように発光出力についてはサンプル1～4はいずれも基準サンプルと同等又はそれ以上であることが確認された。

尚、図4のE+18及びE+19は、それぞれ($\times 10^{18}$)及び($\times 10^{19}$)を意味するものであり、単位は cm^{-3} である。

実施例3。

実施例3では、MgドーピングGaIn層11aとSiドーピングGaIn層11bとの積層周期を10周期と固定し、MgドーピングGaIn層11aの膜厚を84ÅとしSiドーピングGaIn層11bの膜厚を36Åとしたサンプルにおいて、SiドーピングGa

N層 1 1 b の S i ドープ量を、 $1.0 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、 $2.5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ とした 3 種類のサンプルを作製して、その静電破壊電圧を測定した。

その結果を、図 5 に示す。

- 5 図 5 に示すように、S i ドープ G a N 層 1 1 b における S i ドープ量が増加するほど、静電破壊電圧が向上することが確認された。

実施例 4.

実施例 4 では、M g ドープ G a N 層 1 1 a と S i ドープ G a N 層 1 1 b との膜厚比を 7 : 3 に固定し、その周期を変えた、以下の表 3 の 5 種類のサンプルを作製して、それぞれ順方向電圧、発光出力及び静電破壊電圧について測定した。

表 3

サンプル N o.	周期	M g : G a N 層 1 1 a	S i : G a N 層 1 1 b
サンプル 4 - 1	1	4 9 4 Å	2 1 2 Å
サンプル 4 - 2	5	1 4 7 Å	6 3 Å
サンプル 4 - 3	1 0	8 4 Å	3 6 Å
サンプル 4 - 4	1 5	5 6 Å	2 4 Å
サンプル 4 - 5	3 0	2 8 Å	1 2 Å

ここで、S i ドープ G a N 層 1 1 b の S i ドープ量は、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ とした。

その結果を、図 6、図 7 及び図 8 に示す。

図 6 及び図 7 に示すように、順方向電圧及び発光出力は積層周期数にはほぼ依存しないことが確認された。

また、図 8 に示すように、静電破壊電圧は、1 0 周期の場合が最も高くなり、次は 1 5 周期の場合であった。

実施例 5.

実施例 5 では、M g ドープ G a N 層 1 1 a の膜厚 (8 4 Å) と S i ドープ G a N 層 1 1 b の膜厚 (3 6 Å) の比を 7 : 3 とし、それを 1 周期として 1 0 周期繰り返して構成したコンタクト層において、S i ドープ G a N 層 1 1 b の S i ドー

プ量を $0 \sim 1.5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲で種々変化させて順方向電圧と発
光出力を評価した。

その結果を図 9、図 10 に示す。

図 9 に示すように、発光出力及び順方向電圧は Si ドープ GaN 層 11b の S
i ドープ量にはほとんど依存しないことが確認された。

実施例 6.

実施例 6 では、Mg ドープ GaN 層 11a の膜厚 (84 \AA) と Si ドープ Ga
N 層 11b の膜厚 (36 \AA) の比を 7 : 3 とし、それを 1 周期として 10 周期繰
り返して構成したコンタクト層において、Si ドープ GaN 層 11b の Si ドー
プ量を $0 \sim 1.5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲で種々変化させた各サンプルにお
いて、ホール測定を熱アニールの前後で行った。

尚、熱処理は、 650°C 、0.5 時間で行った。

その結果を図 11 に示す。

その結果、Si ドープ GaN 層 11b に、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の比較的ドー
プ量の多いサンプルについては、熱アニールにより抵
抗率の減少が顕著であることが確認された。

また、これらの抵抗率は、p-コンタクト層を p-GaN の単層膜で構成した場
合の抵抗率である $10 \Omega \cdot \text{cm}$ より低い値であり、本願の Mg ドープ GaN 層 1
1a と Si ドープ GaN 層 11b とが交互に積層されてなるコンタクト層は低抵
抗化にも有効であることが確認された。

産業上の利用の可能性

以上、詳細に説明したように、本発明に係る窒化物半導体素子は、上記 p 型コ
ンタクト層内に pn 接合が形成されているので、正の逆方向に電圧が印加された
場合における静電破壊電圧（静電耐圧）を高くできかつリーク電流を小さくでき
る。

これにより、より高い静電耐圧が要求される用途に適用することが可能になる。

請 求 の 範 囲

1. それぞれ複数の窒化物半導体層からなる p 側層と n 側層の間に窒化物半導体からなる活性層を有する窒化物半導体素子であって、

5 上記 p 側層は p オーミック電極を形成する層として p 型コンタクト層を含み、該 p 型コンタクト層は p 型窒化物半導体層と n 型窒化物半導体層とが交互に積層されてなることを特徴とする窒化物半導体素子。

2. 前記 n 型窒化物半導体層に対する p 型窒化物半導体層の膜厚比（p 型窒化物半導体層の膜厚／n 型窒化物半導体層の膜厚）が 1 以上で 9 以下に設定された
10 請求項 1 記載の窒化物半導体素子。

3. 前記 n 型窒化物半導体層の膜厚が 60 Å 以下である請求項 1 又は 2 記載の窒化物半導体素子。

4. 前記 n 型窒化物半導体層には Si がドーピングされ、前記 p 型窒化物半導体層には Mg がドーピングされている請求項 1 ～ 3 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物
15 半導体素子。

5. 前記 n 型窒化物半導体層は Si がドーピングされた GaN からなり、前記 p 型窒化物半導体層は Mg がドーピングされた GaN からなる請求項 1 ～ 3 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体素子。

6. 前記 n 型窒化物半導体層はアンドープ層であり、前記 p 型窒化物半導体層には Mg がドーピングされている請求項 1 ～ 3 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物
20 半導体素子。

7. 前記 n 型窒化物半導体層はアンドープ GaN からなり、前記 p 型窒化物半導体層は Mg がドーピングされた GaN からなる請求項 1 ～ 3 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体素子。

図1

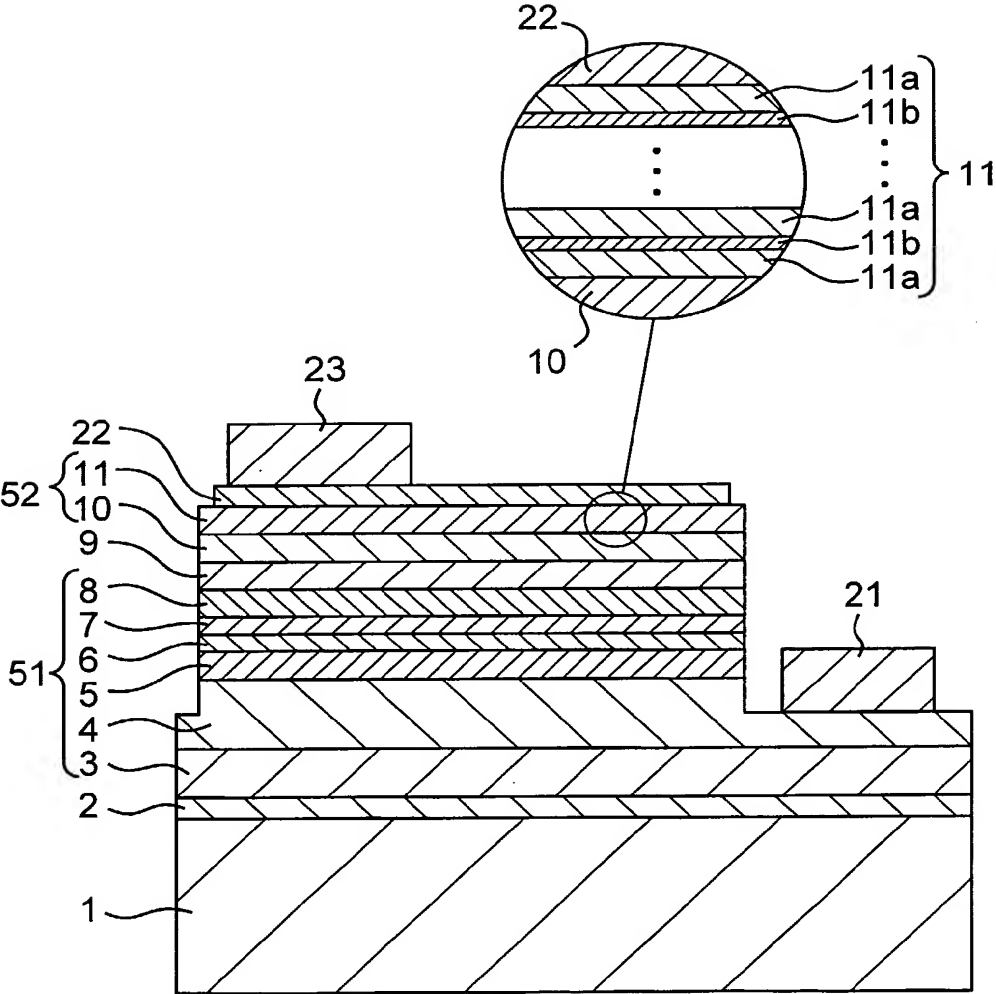


図2

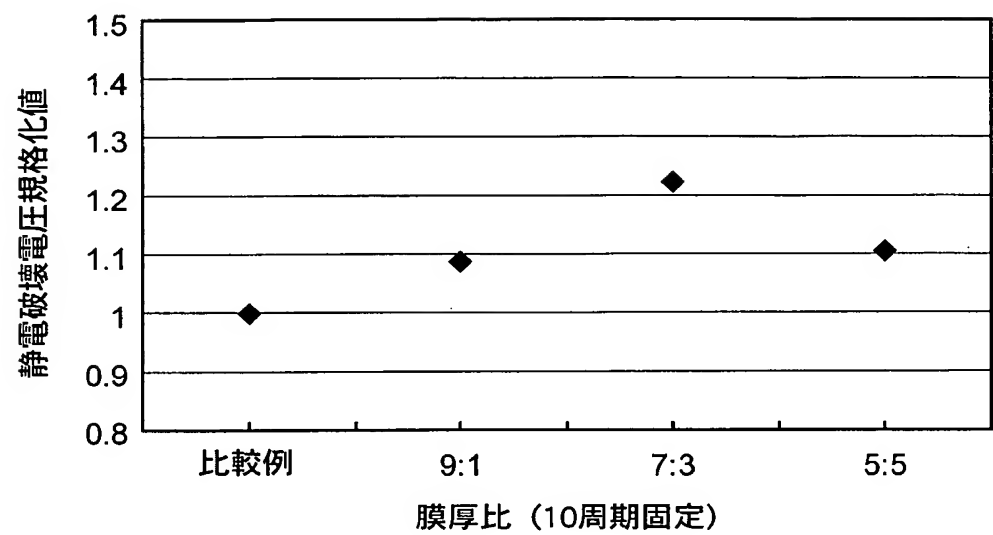


図3

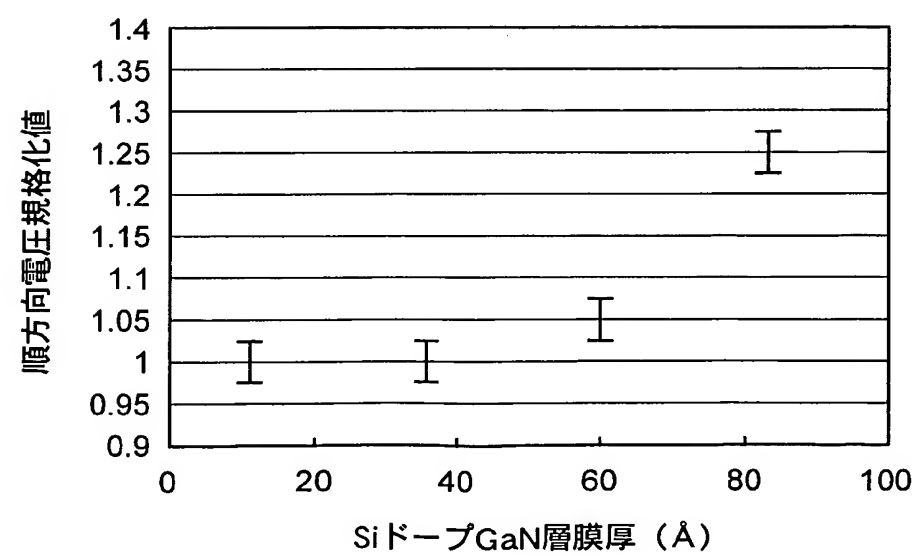


図4

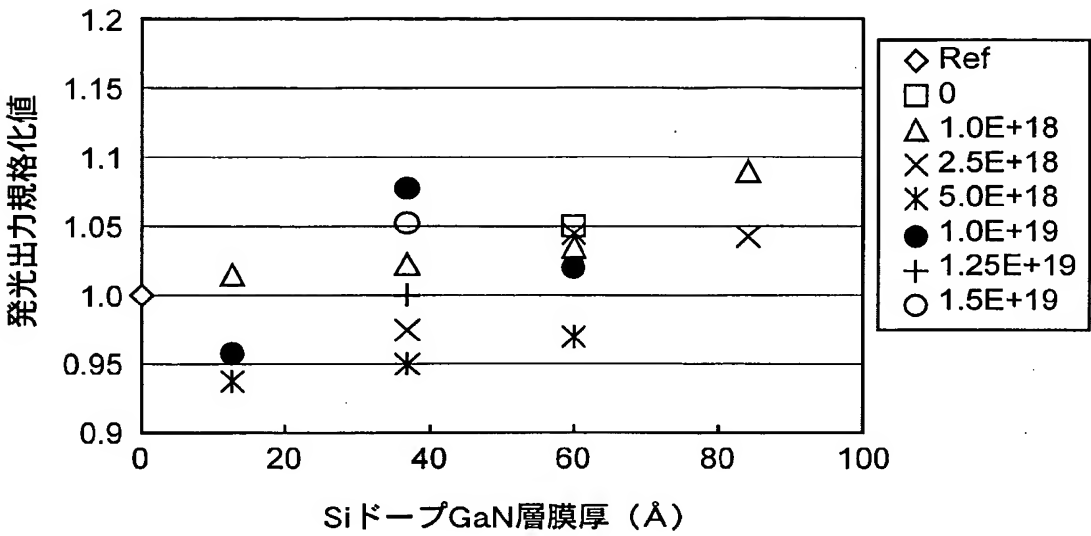


図5

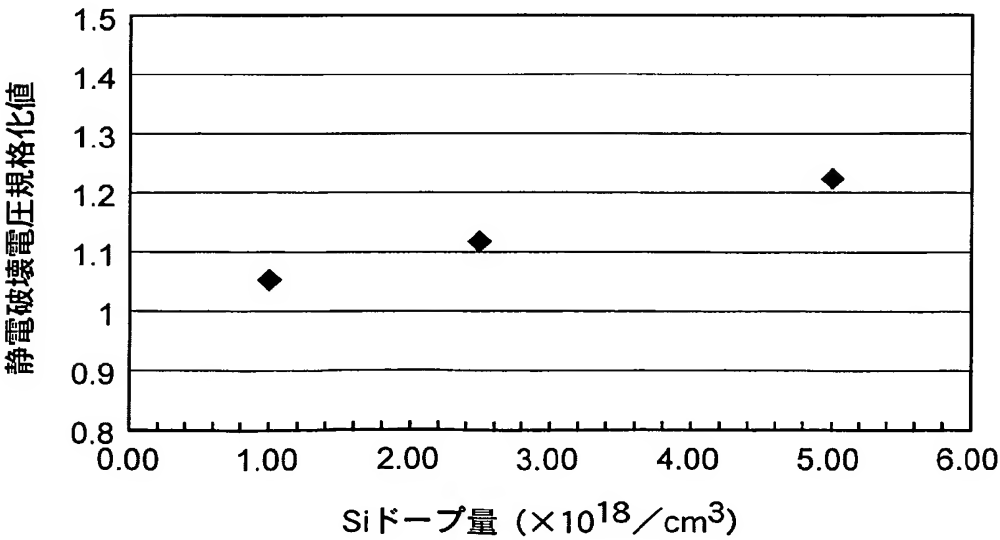


図6

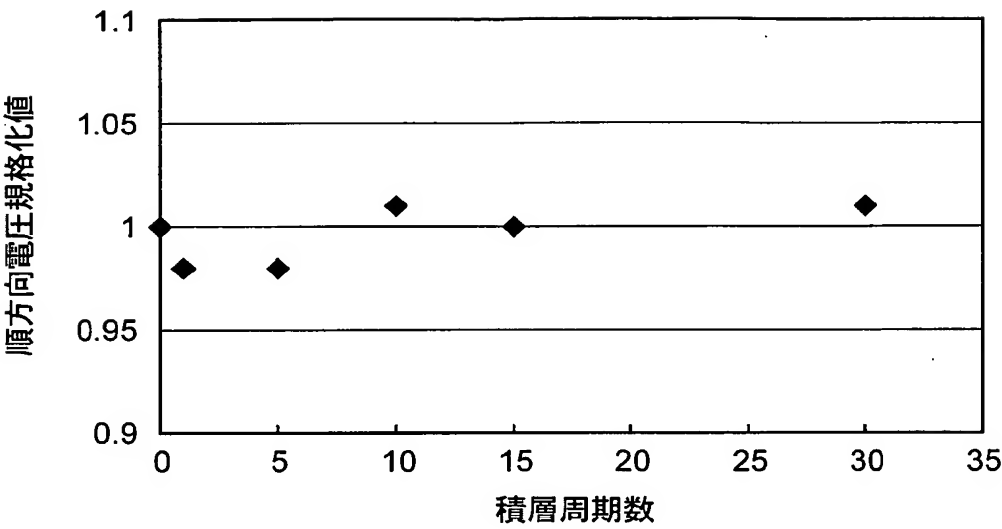


図7

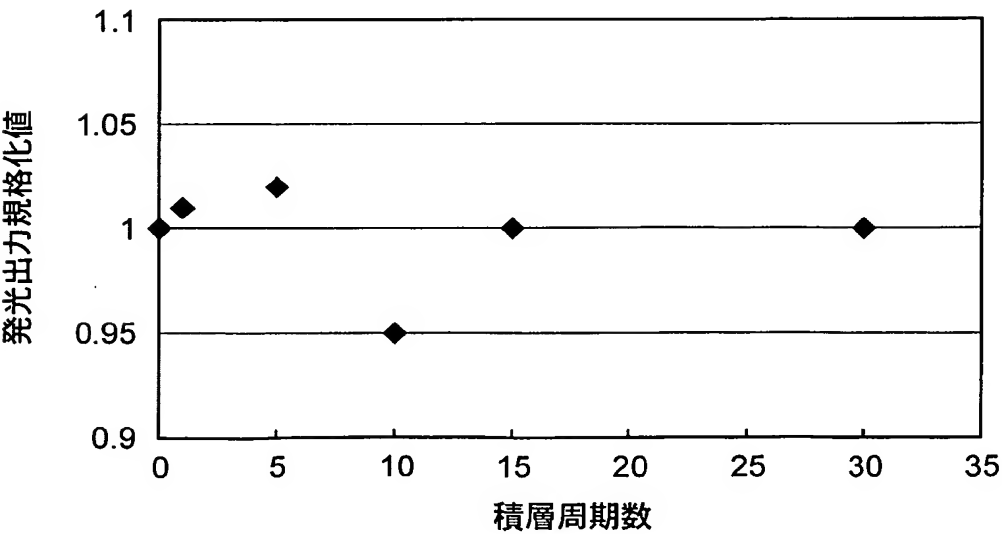


図8

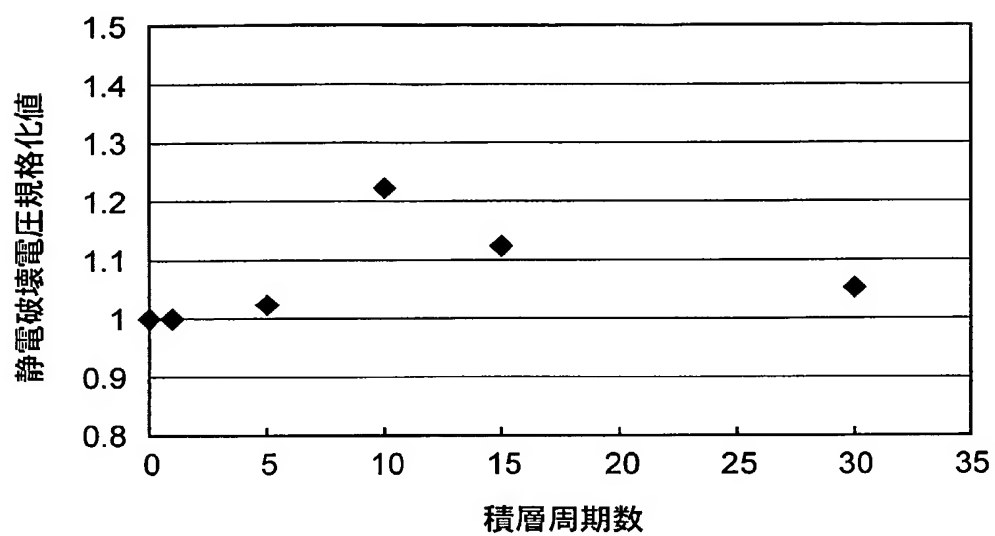
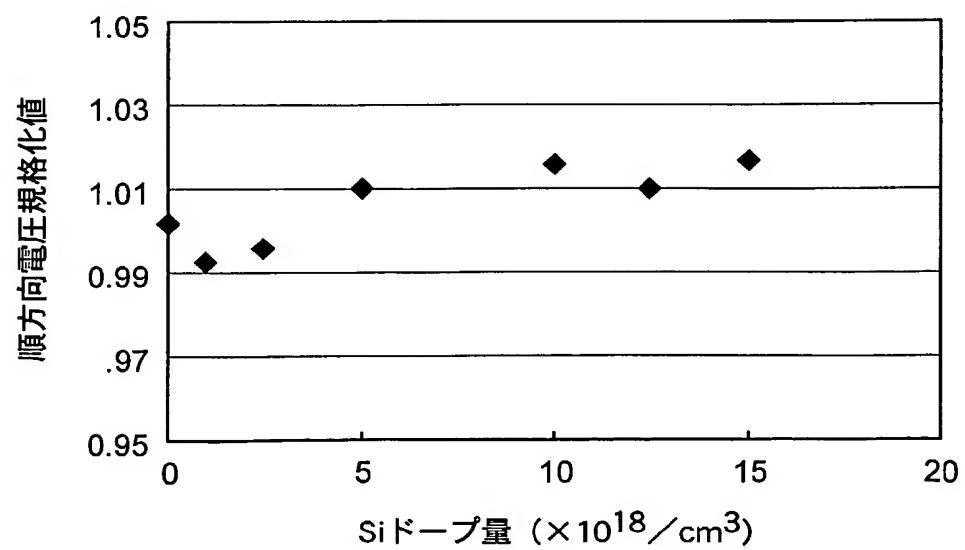


図9



6/6

図10

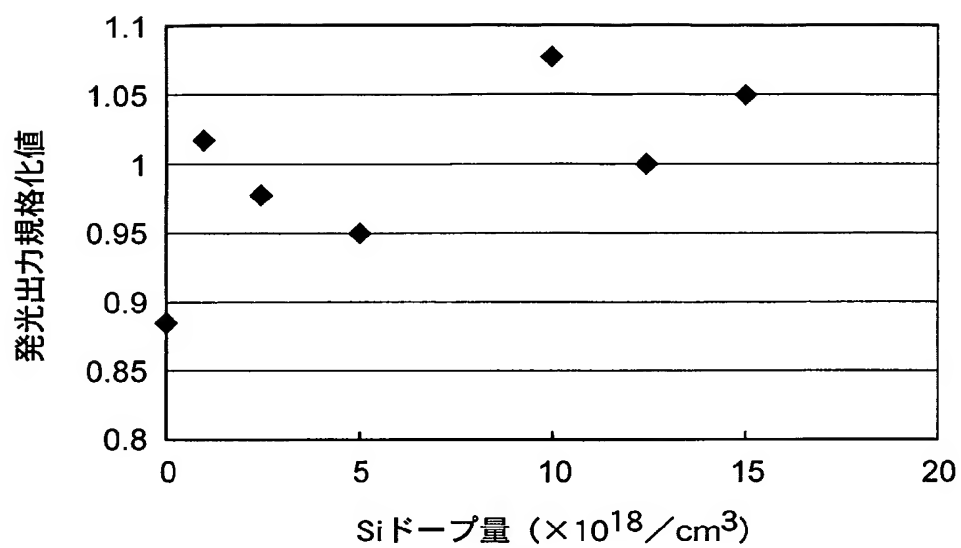
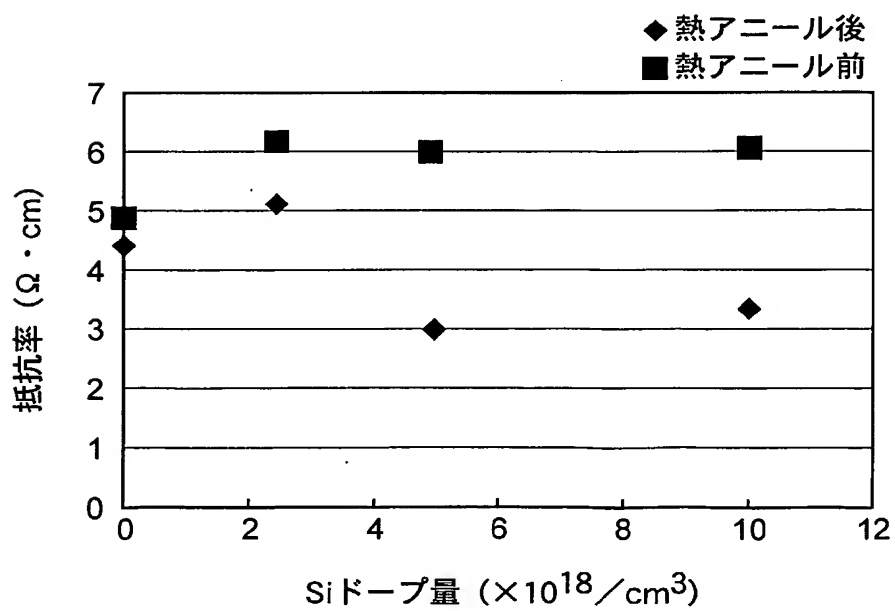


図11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06706

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-148507 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 29 May, 2001 (29.05.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2000-232237 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 22 August, 2000 (22.08.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2000-101142 A (Toshiba Corp.), 07 April, 2000 (07.04.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
01 October, 2002 (01.10.02)

Date of mailing of the international search report
15 October, 2002 (15.10.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-148507 A(日亜化学工業株式会社), 2001. 05. 29, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-7
A	JP 2000-232237 A(日亜化学工業株式会社), 2000. 08. 22, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-7
A	JP 2000-101142 A(株式会社東芝), 2000. 04. 07, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 10. 02

国際調査報告の発送日

15.10.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉野 三寛



2 K

9010

電話番号 03-3581-1101 内線 3254